



# 『みんなのスパコン』TSUBAMEの可能性

平成25年10月3日

東京工業大学 学術国際情報センター

青木 尊之

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



## Agenda

2



### 『みんなのスパコン』TSUBAME

TSUBAME2.0 の概要

TSUBAME2.0 ⇒ TSUBAME2.5

TSUBAME2.5 のアーキテクチャ、性能

- TSUBAME2.5 でのアプリケーションの実行性能

Phase-Field シミュレーションによる

2元合金の樹枝状凝固成長

格子ボルツマン法による

東京都心部の1m解像度を用いた気流計算

- スパコンの産業利用

産業利用におけるTSUBAMEの役割

TSUBAMEの利用による日本再生への胎動

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# TSUBAME2.0の概要

## • ワールドトップクラスの性能

理論性能 2.4PFLOPS Linpack性能 1.19PFLOPS

大学が保有するスパコンでは、現在でも国内最速

◎Top500 ランキング

- 2010 Nov. 4位 (国内1位)
- 2011 Jun. 5位 (国内1位)
- 2011 Nov. 5位 (国内1位)
- 2012 Jun. 5位 (国内1位)
- 2012 Nov. 5位 (国内1位)
- 2013 Jun. 3位 (国内3位)



ピーク性能 5.7PFlops、  
TSUBAME 2.0 → 2.5

## • 民生品(コンシューマ製品)による構築

スカラ(INTEL CPU) + ベクトル(NVIDIA GPU) の混合アーキテクチャ

- 巨大なPC(GPU) クラスタシステム (1434ノード、4264GPU)

- ダウンスケールしたシステムは、既に複数企業で導入済み。

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# GPU: Fermi core → Kepler core

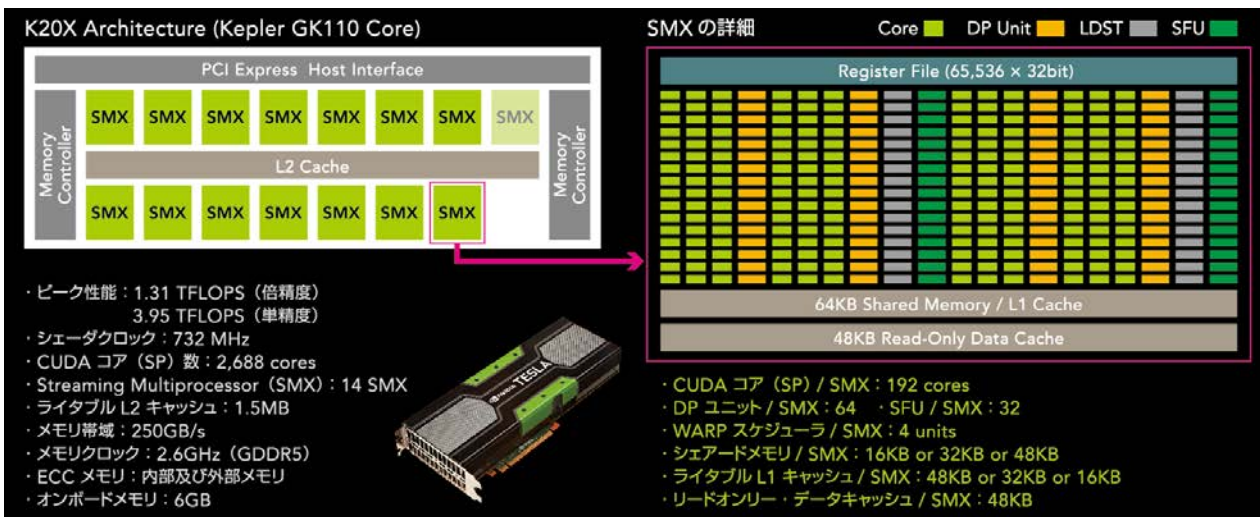
## TSUBAME 2.0

NVIDIA Tesla M2050 × 4224



## TSUBAME 2.5

NVIDIA Tesla K20X × 4224



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# TSUBAME 2.0

5

## Compute Node

(2 CPUs, 3 GPUs)

Performance: 1.7 TFLOPS  
Memory: 58.0GB(CPU)  
+9.7GB(GPU)

## Rack (30 nodes)

Performance: 51.0 TFLOPS  
Memory: 2.03 TB

## System (58 racks)

1442 nodes: 2952 CPU sockets, 4360 GPUs  
Performance: 224.7 TFLOPS (CPU) ※ Turbo boost  
2196 TFLOPS (GPU)  
Total: **2420** TFLOPS  
Memory: 103.9 TB



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# TSUBAME 2.5

6

## Compute Node

(2 CPUs, 3 GPUs)

Performance: **4.08** TFLOPS  
Memory: 58.0GB(CPU)  
**18.0**GB(GPU)

## Rack (30 nodes)

Performance: **122** TFLOPS  
Memory: 2.28 TB

## System (58 racks)

1442 nodes: 2952 CPU sockets, 4360 GPUs  
Performance: 224.7 TFLOPS (CPU) ※ Turbo boost  
**5562** TFLOPS (GPU)  
Total: **5787** TFLOPS  
Memory: 103.9 TB

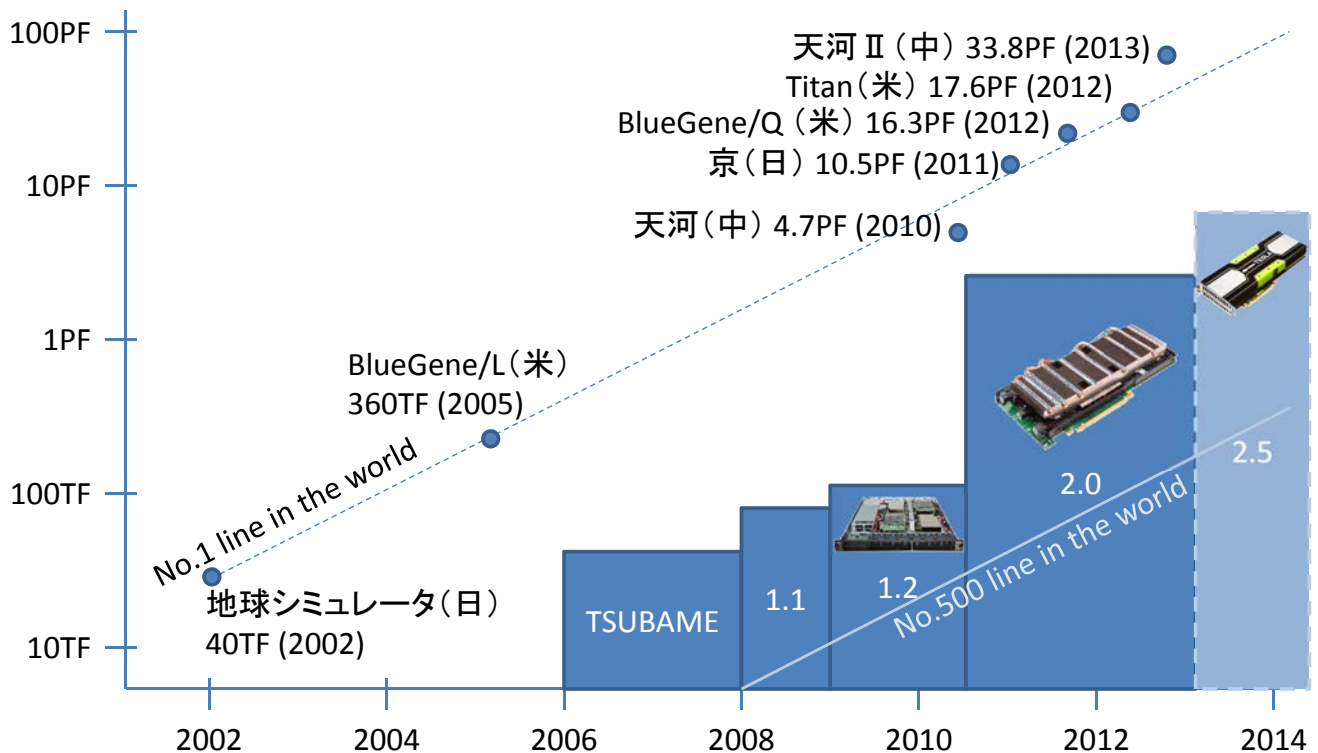


文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# スーパーコンピュータの性能向上

7



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# Agenda

8

## 『みんなのスパコン』TSUBAME

TSUBAME2.0 の概要

TSUBAME2.0 ⇒ TSUBAME2.5

TSUBAME2.5 のアーキテクチャ、性能



## TSUBAME2.5 でのアプリケーションの実行性能

Phase-Field シミュレーションによる

2元合金の樹枝状凝固成長

格子ボルツマン法による

東京都心部の1m解像度を用いた気流計算

## スパコンの産業利用

産業利用におけるTSUBAMEの役割

TSUBAMEの利用による日本再生への胎動

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生





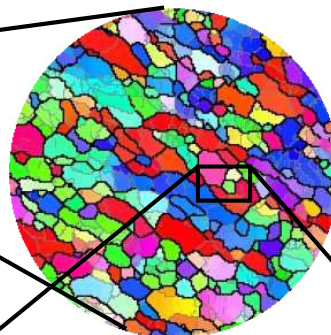
# Phase-Field シミュレーションによる 2元合金の樹枝状凝固成長

9

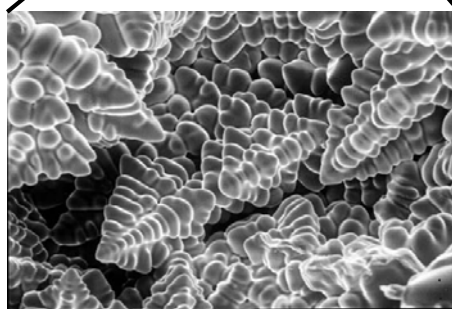
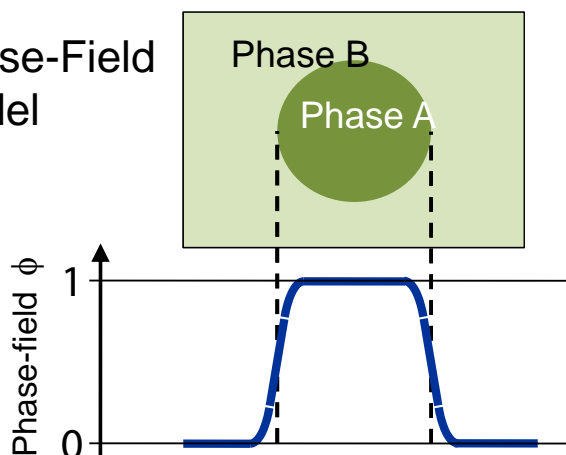
Mechanical Structure



Material Microstructure

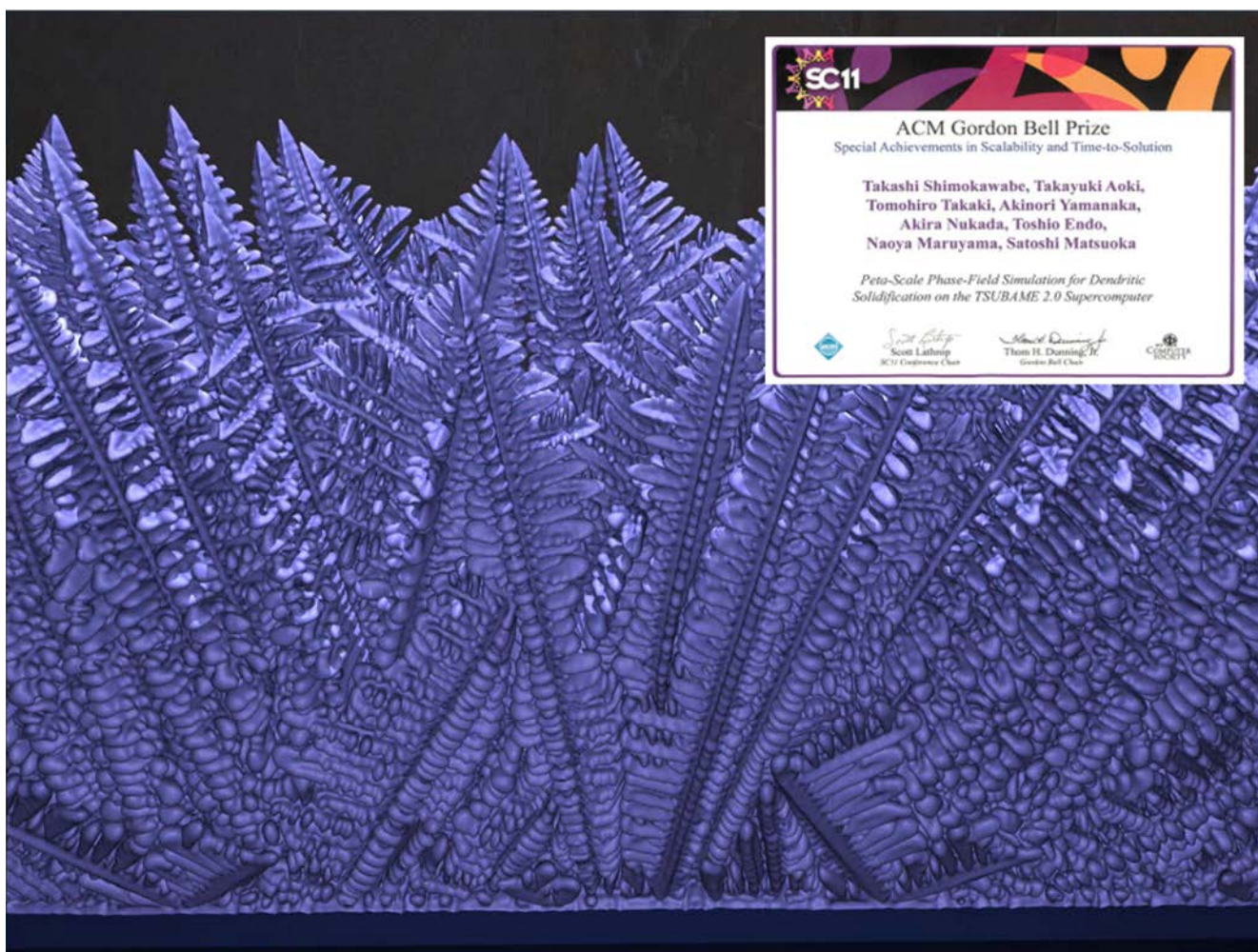


Phase-Field Model



Dendritic Growth

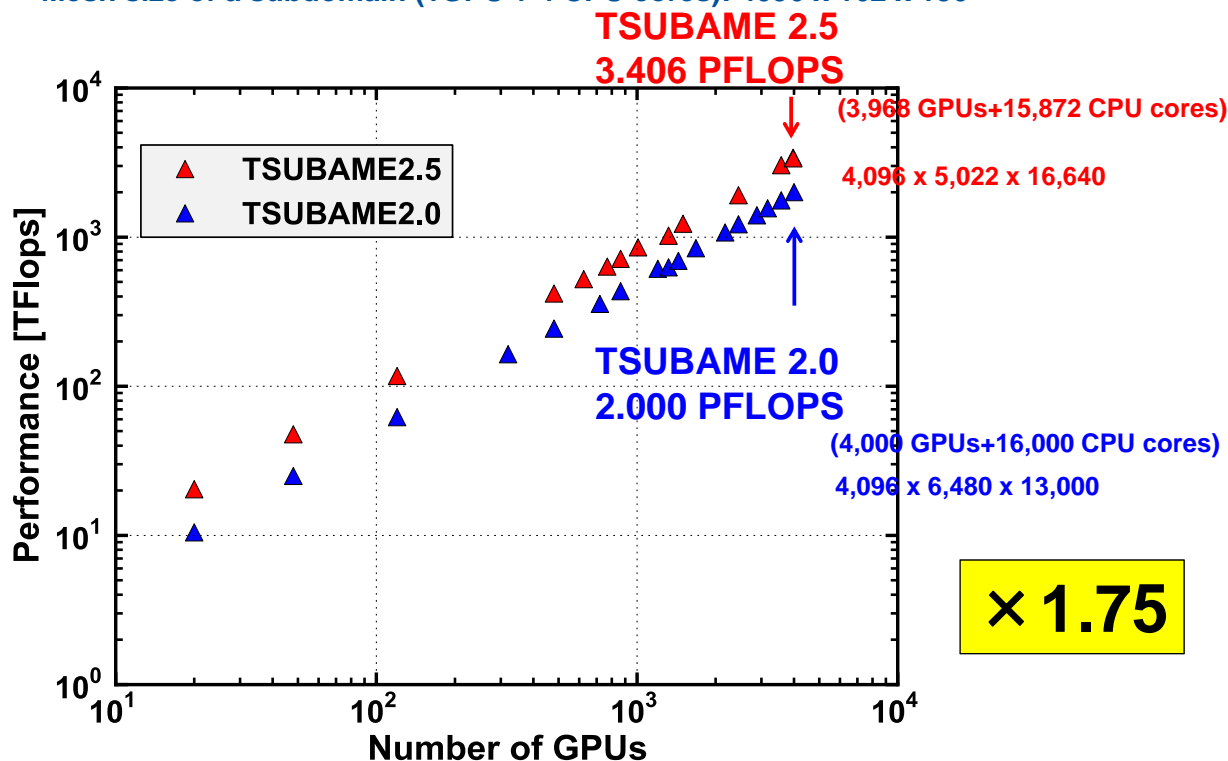
文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生





# TSUBAME 2.0 → 2.5 性能向上

Mesh size of a subdomain (1GPU + 4 CPU cores): 4096 x 162 x 130

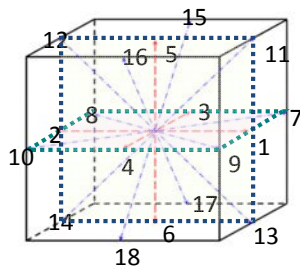


文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# 格子ボルツマン法による東京都心部の1m解像度を用いた気流計算

D3Q19



LES model:

コヒーレント構造スマゴリンスキー モデル

$$\nu_{SGS} = C\Delta^2|S| \quad C = C_1|F_{CS}|^{3/2}$$

$$F_{CS} = \frac{Q}{E} \quad Q = -\frac{1}{2} \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \quad E = -\frac{1}{2} \left( \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right)^2$$

(-1 < F<sub>CS</sub> < 1)

建物データ: TDM 3D  
(Pasco Co. Ltd.)



Map ©2012 Google, ZENRIN

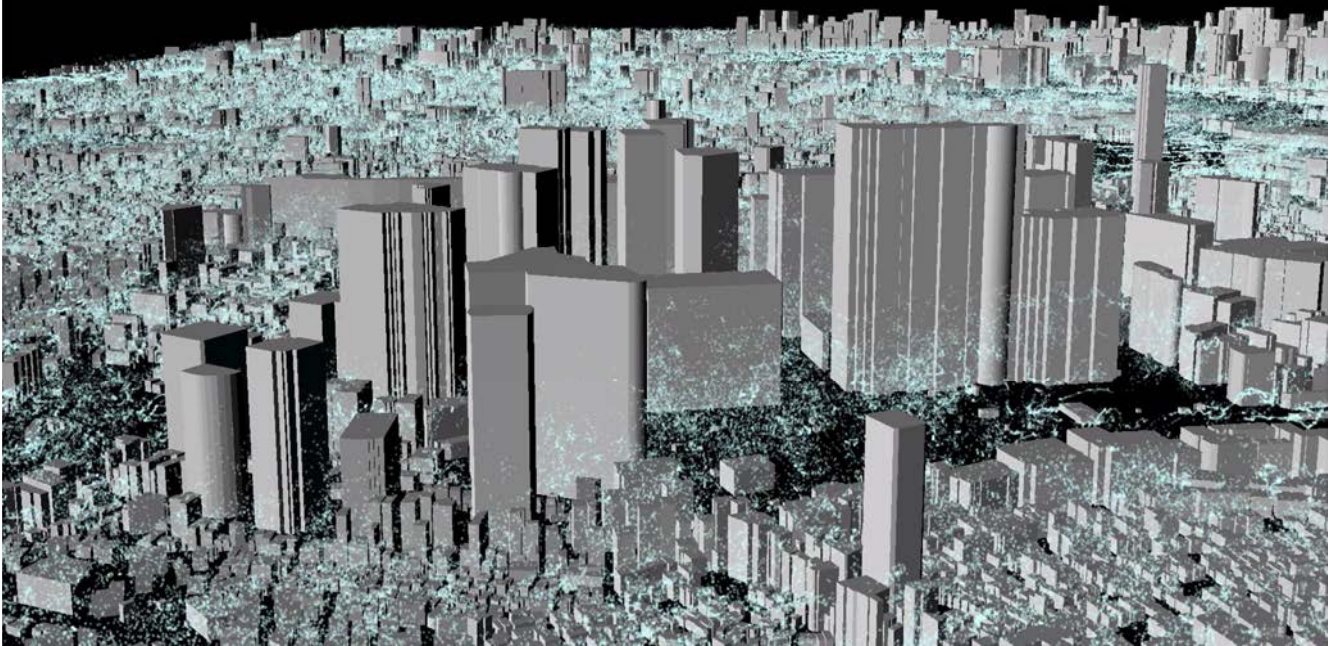
文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生





# 新宿(都庁ビル)周辺の気流

13

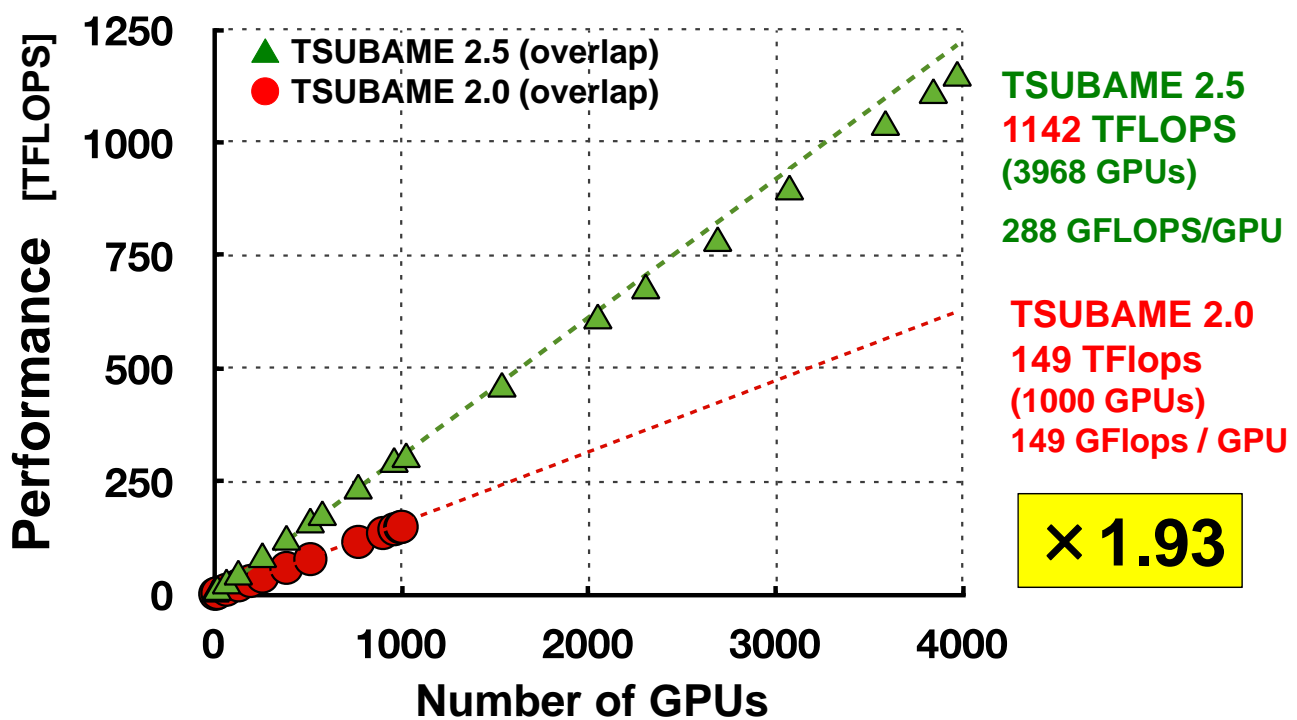


文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# TSUBAME 2.0 → 2.5 性能向上

14



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



- 『みんなのスパコン』TSUBAME  
TSUBAME2.0 の概要  
TSUBAME2.0 ⇒ TSUBAME2.5  
TSUBAME2.5 のアーキテクチャ、性能
- TSUBAME2.5 でのアプリケーションの実行性能  
Phase-Field シミュレーションによる  
2元合金の樹枝状凝固成長  
格子ボルツマン法による  
東京都心部の1m解像度を用いた気流計算



## スパコンの産業利用

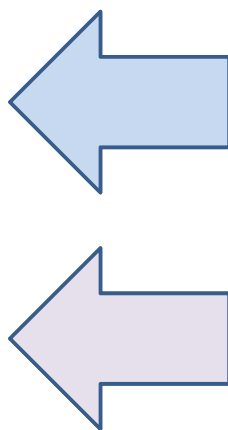
産業利用におけるTSUBAMEの役割

TSUBAMEの利用による日本再生への胎動



## 制約からの解放

- 規模
- 精度
- 時間
- 費用
- 機会



スパコンの  
能力向上

産業利用の  
普及促進策





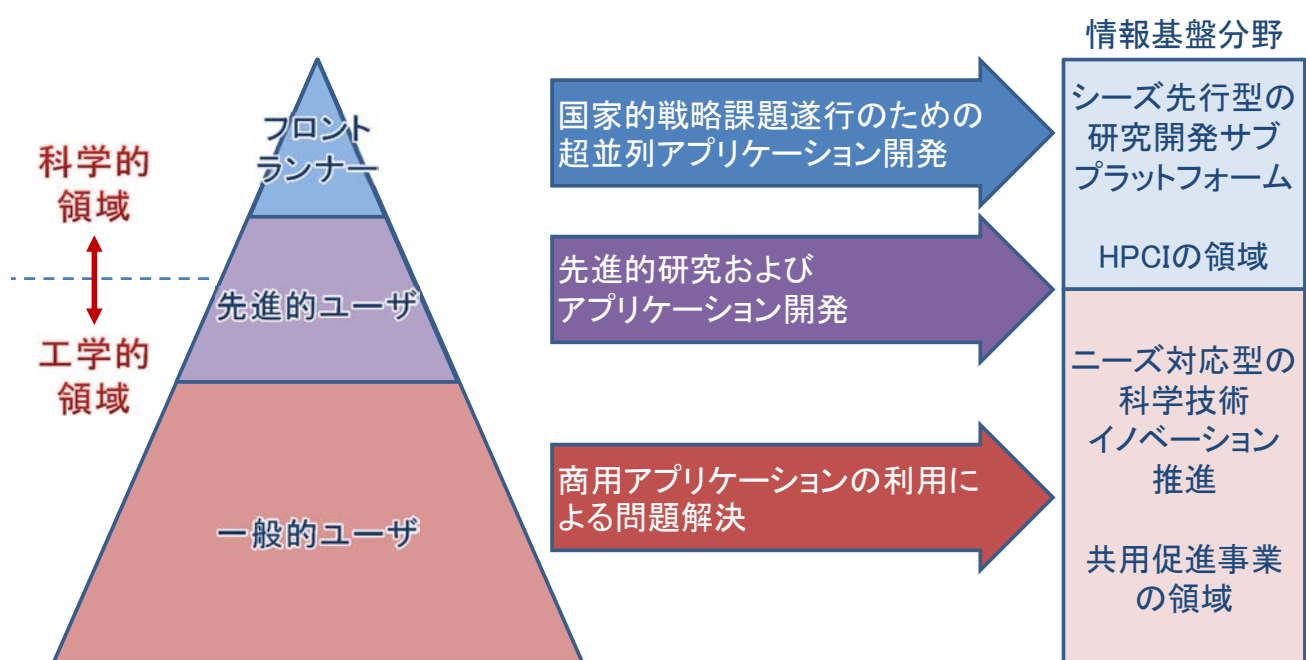
# 現在企業が利用できるスパコン

- 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律により提供される産業枠
  - 京コンピュータ
- 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業
  - 東京工業大学 TSUBAME 2.5
  - 地球シミュレータ
- HPCI 資源提供機関のうち産業利用枠がある機関
  - 北海道大学\*、東北大学\*、東京大学、名古屋大学\*  
大阪大学、九州大学 (\*はトライアルユース提供機関)

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# 共用促進事業としてのTSUBAMEの立ち位置



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



- 京を中心とするHPCI
  - シーズ先行型の研究開発サブプラットフォームとして国家的戦略課題の遂行および先進的企業のイノベーション創出のため活用される。
  - TSUBAMEも、HPCIに対する資源提供機関として貢献。
- 共用促進事業におけるスパコン利用
  - 競争力の高い製品開発およびその効率化などの企業ニーズの高まりにより、大規模シミュレーションが可能なスパコンの利用を望む声が確実に増えている。
  - 特にTSUBAMEに代表されるコンシューマオリエンテッドなスパコンは、企業の現有PCクラスタ環境との親和性も高く、電力性能が良いことから、将来の導入も考慮に入れた試用が進んでいる。

企業のスパコン利用によるイノベーション創出に対して、シーズ先行指向の京を中心とするHPCIと、ニーズ対応型の共用促進事業は、相互に補完し合うことで、幅広く貢献している。

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



共用促進事業の採択状況（平成25年9月30日現在）

- トライアルユース 戦略分野利用推進5分野 延べ40件採択（H25: 5件）
- トライアルユース 新規利用拡大 延べ46件採択（H25: 10件）
- 産業利用(有償) 延べ59件採択（H25: 15件）

トライアルユースに終了後、有償利用での継続利用に発展した課題複数あり

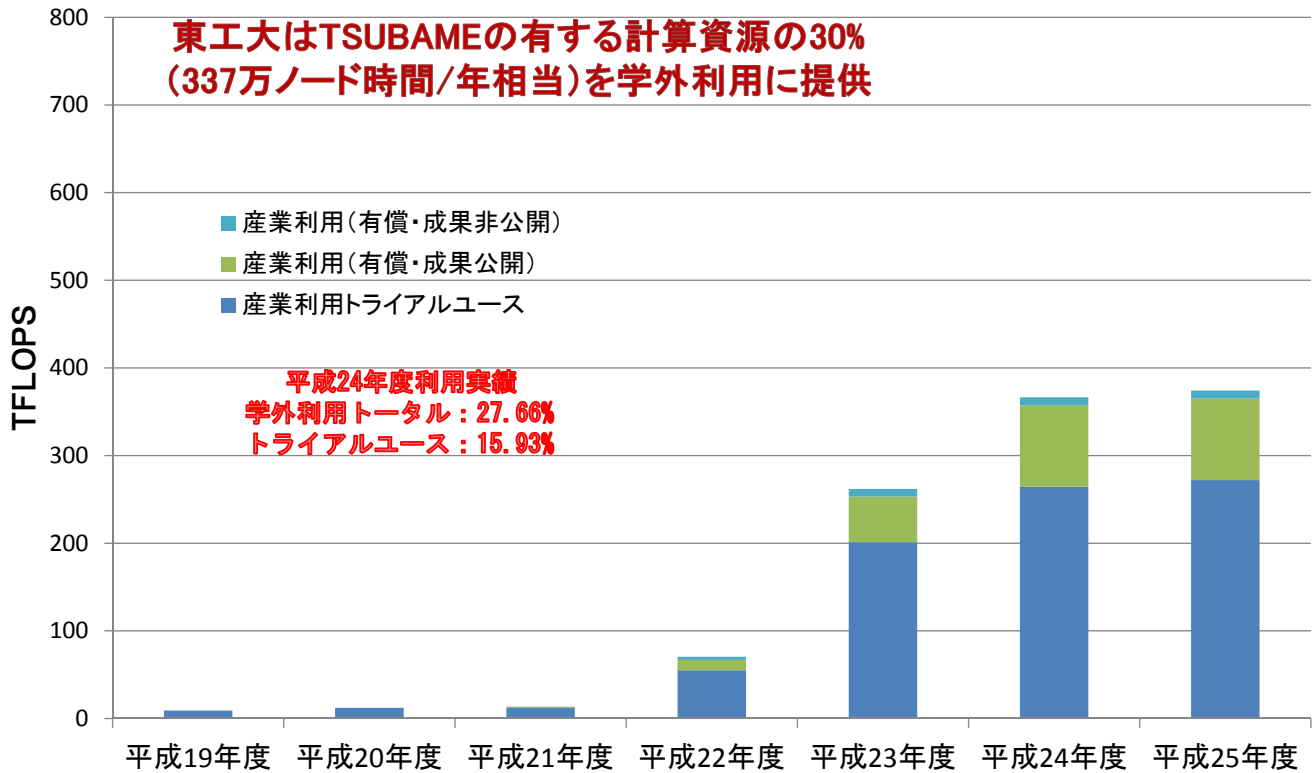
課題種別		H19 実施数	H20 実施数	H21 実施数	H22 実施数	H23 実施数	H24 実施数	H25 実施数	採択数
戦略分野 利用推進	計算化学手法による創薬技術の開発	4	5(4)	6(5)	2(2)	0	1	0	7
	大規模流体-構造連成解析技術の開発	1	1(1)	2(1)	1(1)	0	0	1	3
	シミュレーションによる ナノ材料・加工・デバイス開発	設定無	4	10(4)	10(8)	7(6)	4(1)	7(4)	19
	社会基盤のリスク管理シミュレーションへの HPC応用技術の開発	設定無	4	6(4)	3(3)	2(1)	1(1)	0	7
	アクセラレータ利用技術の推進	設定無	設定無	設定無	0	3	3(3)	4(3)	4
新規利用拡大トライアルユース		6	6	5	6	5	2	5	35
アプリバンドル型トライアルユース		設定無	設定無	設定無	設定無	設定無	6	5	11
トライアルユース小計		11	20(5)	29(14)	22(14)	17(7)	17(5)	22(7)	86
産業利用(有償)	成果公開	設定無	設定無	3	6	7	9	7	32
	成果非公開	設定無	設定無	2	7	6	4	8	27
合計		11	20(5)	34(14)	35(14)	30(7)	30(5)	37(7)	145

(カッコ内は内数で継続課題数)

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



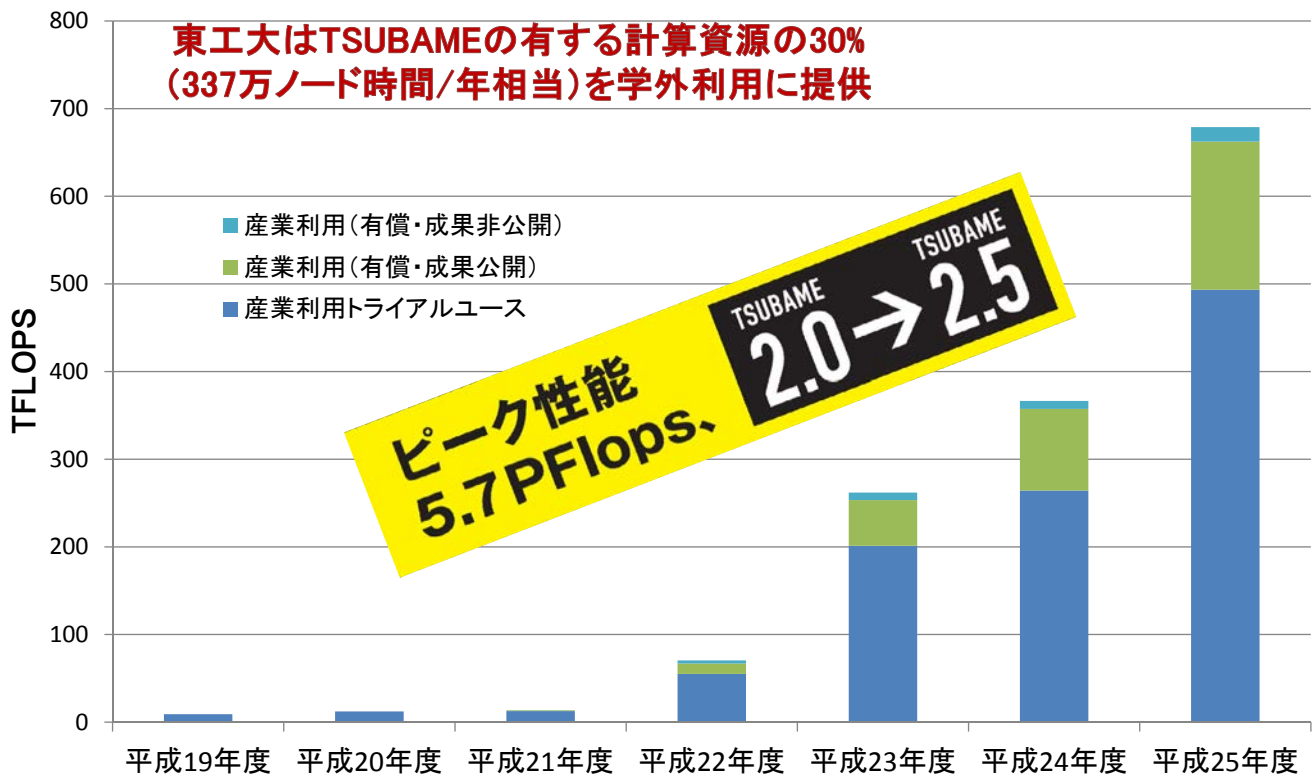
# 産業利用に供するTSUBAMEの資源量の推移



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



# 産業利用に供するTSUBAMEの資源量の推移



文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生





- TOTO株式会社** **池端様**  
 戦略分野利用推進: アクセラレータ利用技術の推進  
 「衛生陶器設計のための  
 並列GPGPU気液二相流シミュレーション」
- 日本放送協会(NHK)** **小郷様**  
 新規利用拡大: 商用アプリバンドル型トライアルユース  
 「FPUの周波数移行に向けたアンテナの特性解析」

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生



利用区分	企業名	課題名
トライアルユース 戦略課題(社会基盤)	株式会社 構造計画研究所 防災ソリューション部	大規模地震における強震動評価と屋内収容物の被害評価
トライアルユース 戦略課題(ナノ材料)	出光興産株式会社 先進技術研究所	量子化学計算を活用した企業研究の効率化
トライアルユース 戦略課題(ナノ材料)	サイバネットシステム株式会社	3次元ナノアーキテクチャの各種光デバイスへの応用の為の光学的解析
トライアルユース 戦略課題(アクセラ)	株式会社 構造計画研究所 社会インフラシステム部	大規模三次元電磁界シミュレーションのトンネルモデルへの適用
トライアルユース 新規利用拡大	住友電気工業株式会社	個別要素法を用いた粉末充填の大規模シミュレーション
トライアルユース 新規利用拡大	株式会社 ヒューリンクス	リガンドベースの仮想スクリーニングシステムの大規模システムによる実用実験
トライアルユース 商用アプリバンドル	NEC東芝スペースシステム 株式会社	大規模アレイアンテナの電磁界解析へのGPUクラスター応用
トライアルユース 商用アプリバンドル	株式会社 豊田中央研究所	自動車搭載ミリ波レーダの超大規模電磁界シミュレーション
有償利用(成果公開)	株式会社 エーイーティー	超大規模三次元高周波電磁界シミュレーションへのGPUクラスター適用検証

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 東京工業大学 『みんなのスパコン』 TSUBAMEによる日本再生